

Textile Journal of Uzbekistan

Volume 1

Number 1 *Textile Journal of Uzbekistan quarter-1*

Article 1

10-2-2019

ABOUT THE ONLY PROBLEM OF HEAT PREFERENCE IN THE LUMP OF SEED COTTON

A.Z. Mamatov

Tashkent institute of textile and light industry, Tashkent, Uzbekistan

A.H. Kayumov

Tashkent institute of textile and light industry, Tashkent, Uzbekistan

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/titli>

Recommended Citation

Mamatov, A.Z. and Kayumov, A.H. (2019) "ABOUT THE ONLY PROBLEM OF HEAT PREFERENCE IN THE LUMP OF SEED COTTON," *Textile Journal of Uzbekistan*: Vol. 1 : No. 1 , Article 1.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/titli/vol1/iss1/1>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Textile Journal of Uzbekistan by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact brownman91@mail.ru.

УДК. 677.021.152:536.27

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В КОМКЕ ХЛОПКА-СЫРЦА

А.З.Маматов, А.Х.Каюмов

Annotasiya: Paxtani quritishda uning komponentlarining qizish tempi tola va chigitning sifatiga katta ta'sir qiladi. Maqolada nazariy va amaliy jihatdan turli o'lchamdagi paxta bo'lakchasida tola va chigit o'rtasidagi issiqlikning taqsimlanish qonuniyati paxtaning boshlang'ich namligining, quritish agentining va quritish vaqtining turli parametrlari bo'yicha aniqlangan. Masalani Bubnov-Galerkin proyeksion usulidan foydalanib yechilgan, u tola va chigitning qizish tempini tahlil qilish va ularning bir tekis qizishini ta'minlash orqali ularning sifatini maksimal saqlab qolish imkoniyatini beradigan paxnani quritish rejimini tanlashda foydalanish mumkin bo'ladi.

Аннотация: При сушке хлопка-сырца темп нагрева его компонентов существенно влияет на качество волокна и семян. В статье теоретически и экспериментально определены закономерности распространения тепла в комке хлопка-сырца в зависимости от исходной влажности сырья, температуры сушильного агента и продолжительности процесса сушки с использованием проекционного метода Бубнова-Галеркина, который даёт возможность анализировать темпы нагрева волокна и семян и использовать при выборе оптимального режима сушки хлопка-сырца с максимальным сохранением качества при обеспечении равномерности нагрева их компонентов.

Abstract: At drying of seed cotton a rate of heating and its components essentially influences on the quality of fibers and seeds. The article determines theoretically and experimentally the conformity of spreading the heat in lump of seed cotton with the different dimensions between its components according to initial humidity of raw material, the temperature of drying agent and continuation of drying process in various parameters. Suggested project method by Bubnov-Galerkin let analyze a rate of fiber heating and seeds and keep the maximum preservation of a quality with the steadiness of their heating components.

Ключевые слова: сушка, время сушки, температура, хлопок-сырец, волокно, семена, теплообмен, равномерность сушки.

Введение: Одним из актуальных вопросов при организации процесса сушки является изучение температуры нагрева компонентов хлопка-сырца в процессе их термического обезвоживания, причем, для равномерной сушки волокон и семян необходимо обеспечить их равномерный нагрев. Очевидно, чем меньше значение температуры нагрева, тем меньше вероятность ухудшения их природных свойств [1].

В работе [2] проведен анализ исследований по влиянию температуры сушильного агента на качественные показатели компонентов хлопка-сырца, на равномерность сушки при различных условиях процесса и состояниях высушиваемого материала. Обычно хлопок-сырец в сушильном барабане сушится в виде комков различных размеров. Комком называется хлопок-сырец, имеющий небольшой объем и форму шара. Важное значение для сохранения качества волокна и семян во время сушки имеет темп распространения тепла в комке хлопка-сырца. В связи с этим нами рассмотрена задача распространения тепла в комке хлопка-сырца.

Теоретические исследования: Задачу тепло- и массообмена в комке хлопка-сырца можно выразить следующим образом: Дано неоднородное двухкомпонентное сферическое тело с радиусом R , обладающее свойством изотропности, с известным начальным распределением температуры: $u_1(0, r) = g_1(r)$, $u_2(0, r) = g_2(r)$ - начальная температура семян и волокна, находящаяся на расстоянии r от центра комка; внутри тела происходит конвективный теплообмен между компонентами (между семенем и волокном). На поверхности контакта со

средой происходит конвективный теплообмен по закону Ньютона, при этом нагревание тела происходит равномерно по всей его поверхности. Требуется найти радиальное распределение температуры компонентов тела в любой момент времени [3].

Тогда, опираясь на законы термодинамики (законы теплопроводности Фурье, Ньютона, сохранения энергии и т.д.), данную задачу можно сформулировать в виде системы дифференциальных уравнений параболического типа:

$$\begin{cases} \frac{\partial u_1}{\partial \tau} = a_1 \left(\frac{\partial^2 u_1}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial u_1}{\partial r} \right) + \frac{\alpha}{c_1 \rho_1} [u_2 - u_1] + \frac{1}{c_1 \rho_1} f_1(\tau) \\ \frac{\partial u_2}{\partial \tau} = a_2 \left(\frac{\partial^2 u_2}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial u_2}{\partial r} \right) + \frac{\alpha}{c_2 \rho_2} [u_1 - u_2] + \frac{1}{c_2 \rho_2} f_2(\tau) \end{cases} \quad (1)$$

с начальными

$$u_1(r, 0) = g_1(r), \quad u_2(r, 0) = g_2(r), \quad (2)$$

и граничными условиями: при $r=R$

$$\begin{cases} -\frac{\partial u_1}{\partial r} + \alpha_1 [u_B - u_1] = 0 \\ -\frac{\partial u_2}{\partial r} + \alpha_2 [u_B - u_2] = 0 \end{cases} \quad (3)$$

где α_1 - коэффициент теплообмена между семенем и теплоносителем; α_2 - коэффициент теплообмена между волокном и теплоносителем; α - коэффициент теплообмена между семенем и волокном; $f_1(\tau)$, $f_2(\tau)$ - заданные непрерывные функции, описывающие процесс испарения влаги из семени и волокна соответственно; u_B - температура воздуха, τ - время процесса сушки; $u_1(r, \tau)$, $u_2(r, \tau)$ - искомые функции, представляющие температуру семени и волокна в точке r в данный момент времени τ , ρ_1 , ρ_2 - плотность семян и волокна, соответственно, c_1 , c_2 - теплоемкость семян и волокна, соответственно, a_1 , a_2 - температуропроводность семян и волокна, соответственно.

Для решения задачи определения температурного поля компонентов хлопка-сырца составим алгоритм.

Сделав замену переменных

$$\theta_i(r, \tau) = r \cdot u_i(r, \tau), \quad i = 1, 2$$

получим систему уравнений в виде:

$$\begin{cases} \frac{\partial \theta_1}{\partial \tau} = a_1 \frac{\partial^2 \theta_1}{\partial r^2} + \tilde{\alpha}(\theta_2 - \theta_1) + \frac{1}{c_1 \rho_1} r f_1(\tau) \\ \frac{\partial \theta_2}{\partial \tau} = a_2 \frac{\partial^2 \theta_2}{\partial r^2} + \hat{\alpha}(\theta_1 - \theta_2) + \frac{1}{c_2 \rho_2} r f_2(\tau) \end{cases} \quad (4)$$

с начальными условиями

$$\theta_1(r, 0) = r \cdot g_1(r), \quad \theta_2(r, 0) = r \cdot g_2(r) \quad (5)$$

и граничными условиями при $r=R$

$$\begin{cases} -\frac{\partial \theta_1}{\partial r} + \frac{1}{R} \cdot \theta_1(R, \tau) + \alpha_1 (u_B - \theta_2(R, \tau)) = 0 \\ -\frac{\partial \theta_2}{\partial r} + \frac{1}{R} \cdot \theta_2(R, \tau) + \alpha_2 (u_B - \theta_1(R, \tau)) = 0 \end{cases} \quad (6)$$

где

$$\tau \in [0; T], \quad r \in [0; R]. \quad \tilde{\alpha} = \frac{\alpha}{c_1 \rho_1}, \quad \hat{\alpha} = \frac{\alpha}{c_2 \rho_2}$$

Для решения этой задачи воспользуемся проекционным методом Бубнова-Галеркина, т.е. введём базисную функцию $\varphi_i(x)$, удовлетворяющую условию сопряженности $\varphi_i(0)=0$, $\varphi_i(r) \in W_2^1(0, R)$. Тогда решение системы (4) – (6) будем искать в виде:

$$\theta_{iN}(r, \tau) = \sum_{K=1}^N a_{iK}(\tau) \cdot \varphi_K(r) \quad (i=1,2) \quad (7)$$

где коэффициенты $a_i(\tau)$ ($i=1,2$) определяются из уравнения:

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial \theta_{1N}}{\partial \tau} - a_1 \frac{\partial^2 \theta_{1N}}{\partial r^2} - \frac{\alpha}{c_1 \rho_1} (\theta_{2N} - \theta_{1N}) - \frac{1}{c_1 \rho_1} r \cdot f_1(\tau), \varphi(r) \right)_2 = 0 \\ \left(\frac{\partial \theta_{2N}}{\partial \tau} - a_2 \frac{\partial^2 \theta_{2N}}{\partial r^2} - \frac{\alpha}{c_2 \rho_2} (\theta_{1N} - \theta_{2N}) - \frac{1}{c_2 \rho_2} r \cdot f_2(\tau), \varphi(r) \right)_2 = 0 \end{cases} \quad (8)$$

Обозначая, через:

$$\alpha_{ik} = (\varphi_i(r), \varphi_j(r))_2;$$

$$\beta_{ik} = a_1 (\varphi'_i(r), \varphi'_k(r))_2 + a_1 \left(\frac{I}{R} - H_1 \right) \varphi_i(R) \cdot \varphi_k(R) + H_3 \cdot \alpha_{ik};$$

$$\bar{\beta}_{ik} = a_2 (\varphi'_i(r), \varphi'_k(r))_2 + a_2 \left(\frac{I}{R} - H_2 \right) \varphi_i(R) \cdot \varphi_k(R) + H_4 \cdot \alpha_{ik};$$

$$\gamma_{ik} = H_3 \cdot d_{ik}; \quad \bar{\gamma}_{ik} = H_4 \cdot d_{ik}$$

$$f_{1i} = (f_1(\tau) \cdot r, \varphi_i(r))_2 + a_1 H_1 R u_B \cdot \varphi_i(R)$$

$$f_{2i} = (f_2(\tau) \cdot r, \varphi_i(r))_2 + a_2 H_2 R u_B \cdot \varphi_i(R),$$

получаем следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} Q_n \cdot \frac{dA_n(\tau)}{d\tau} + P_n A_{1n}(\tau) + G_n A_{2n}(\tau) = F_{1n}(\tau, r) \\ Q_n \cdot \frac{dB_n(\tau)}{d\tau} + \tilde{P}_n A_{2n}(\tau) + \tilde{G}_n A_{1n}(\tau) = F_{2n}(\tau, r) \\ Q_n A_n(0) = F_{10}(r) \\ Q_n B_n(0) = F_{20}(r) \end{cases} \quad (9)$$

где $Q_n = (\alpha_{ik})$, $P_n = (\beta_{ik})$, $G_n = (\gamma_{ik})$, $\tilde{P}_n = (\bar{\beta}_{ik})$ и $\tilde{G}_n = (\bar{\gamma}_{ik})$ квадратные матрицы размером $(N \times N)$; $A_{1n}(\tau) = (a_{11}(\tau), a_{12}(\tau), \dots, a_{1N}(\tau))^T$, $A_{2n}(\tau) = (a_{21}(\tau), a_{22}(\tau), \dots, a_{2N}(\tau))^T$ – искомые векторы; $F_{1n}(\tau, r) = (f_{11}(\tau, r), f_{12}(\tau, r), \dots, f_{1N}(\tau, r))^T$, $F_{2n}(\tau, r) = (f_{21}(\tau, r), f_{22}(\tau, r), \dots, f_{2N}(\tau, r))^T$ известные векторы, элементы которых определяются по выше указанным формулам; элементы векторов $F_{10}(r) = (f_{01}(r), f_{02}(r), \dots, f_{0N}(r))^T$ и $F_{20}(r) = (\tilde{f}_{01}(r), \tilde{f}_{02}(r), \dots, \tilde{f}_{0N}(r))^T$ определяются из соотношения $f_{0i} = (rg_1(r), \varphi_i(r))$, $\tilde{f}_{0i} = (rg_2(r), \varphi_i(r))$.

Для численного решения задачи теплопереноса в комке хлопка-сырца рассмотрим приближенный метод расчета модели (9).

Для получения численных результатов выбираем базисные функции. В качестве базисных функций берем кусочно-непрерывные функции, определяющие в пространстве $L_2(\Omega)$, т.е.

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi_0(r) = 0 \\ \varphi_i(r) = \frac{1}{\sqrt{h}} \begin{cases} \frac{r-r_{i-1}}{h}, & \text{если } r \in (r_{i-1}; r_i) \\ \frac{r_{i+1}-r}{h}, & \text{если } r \in (r_i; r_{i+1}) \end{cases} \\ \varphi_N(r) = \frac{1}{\sqrt{h}} \begin{cases} \frac{r-r_{N-1}}{h}, & \text{если } r \in (r_{N-1}; r_N) \\ 0, & \text{если } r \notin (r_{N-1}; r_N) \end{cases} \end{array} \right.$$

построенные на сетке $0 < r_0 < r_1 < r_2 < \dots < r_N = R$, $h = r_i - r_{i-1}$, $i = 1, 2, 3, 4, \dots, N-1$.

Очевидно, что эта система линейно независима и каждая из них отлична от нуля лишь в интервале длиной $2h$. Если обозначим линейную оболочку через H_N , то функции из H_N являются непрерывными кусочно-линейными функциями, обладающими суммируемыми свойствами с любой конечной производной, т.е. $H_N \in L_2[0; R]$, $H_N \in W_2^1[0; R]$. Также можно отметить, что эти функции почти ортогональны, т.е. только для соседних функций скалярное произведение в $L_2[0; R]$ отлично от нуля. Отсюда следует, что система уравнений (9) имеет разреженную матрицу. Подбирая базисные функции, таким образом, и строя неявные разностные схемы на отрезке $[0; T]$, получим систему алгебраических уравнений.

$$\left\{ \begin{array}{l} (Q_n + \Delta \tau P_n) \cdot A_n^{l+1}(\tau) + G_n B_n^{l+1}(\tau) = F_{1n}^l(\tau) - Q_n A_n^l(\tau) \\ \tilde{G}_n A_n^{l+1}(\tau) + (Q_n + \Delta \tau \tilde{P}_n) \cdot B_n^{l+1}(\tau) = F_{2n}^l(\tau) - Q_n B_n^l(\tau) \\ Q_n A_n^0(\tau) = F_{10} \\ Q_n B_n^0(\tau) = F_{20} \end{array} \right. \quad l = 0, 1, 2, 3, \dots, M \quad (10)$$

Система алгебраических уравнений (10) решена методом Гаусса. Найденные значения $A_n^l(\tau)$, $B_n^l(\tau)$ подставляем в (7) и находим температуру волокна и семян, т.е.

$$u_i(r, \tau) = \frac{1}{r} \cdot \theta_i(r, \tau), \quad i = 1, 2.$$

Экспериментальные исследования: Ниже в таблице 1 приведены результаты расчета, полученные при следующих значениях параметров модели (1) [4].

- для семени: $u_{10} = 10^0 \text{C}$; $\lambda_1 = 0,26$; $c_1 = 1800$; $\rho_1 = 50$; $R_1 = 0,006$; $k_1 = 0,005$; $W_{H1} = 19$; $\alpha = 2,30$; $\varepsilon_1 = 0,8$; $r_{21} = 2082000$; $W_{P1} = 8$; $\alpha_1 = 2,01$;

- для волокна: $u_{20} = 15^0 \text{C}$; $\lambda_2 = 0,07$; $c_2 = 1600$; $\rho_2 = 12$; $R_2 = 0,025$; $k_2 = 0,0003$; $W_{H2} = 9$; $\varepsilon_2 = 0,8$; $W_{P2} = 0$; $\alpha_2 = 2,5$; $R = 0,11$.

Таблица 1

**Изменения температуры относительно радиуса комка
хлопка-сырца и время сушки**

$R, \text{ м}$ $\tau, \text{ сек}$		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
		Температурное поле компонентов хлопка-сырца (^0C)						
60	U_1	28,410	27,979	22,585	19,264	17,257	16,032	15,262
	U_2	48,185	46,651	37,922	31,277	26,143	22,218	19,261
120	U_1	34,147	33,403	27,304	22,999	19,997	17,939	16,532
	U_2	56,898	54,259	45,507	38,577	32,876	28,144	24,228
180	U_1	38,360	37,250	30,884	26,086	22,521	19,893	17,98
	U_2	61,947	58,486	49,815	42,891	37,082	32,127	27,883
240	U_1	41,784	40,312	33,733	28,720	24,811	21,789	19,484

	U_2	65,324	61,215	52,612	45,738	39,920	34,897	30,524
300	U_1	44,703	42,88	36,192	31,02	26,089	23,086	20,981
	U_2	67,744	63,109	54,551	47,728	41,929	36,887	32,46
360	U_1	47,262	45,099	38,336	33,060	28,773	25,272	22,436
	U_2	69,549	64,478	55,947	49,165	43,389	38,348	33,897

В таблице 2 приведены результаты расчета относительно времени сушки при следующих значениях параметров сушки: влажности семени $W_{H1}=19\%$, волокна $W_{H2}=9\%$; температура воздуха $u_B=150^\circ\text{C}$; начальная температура семени $u_{10}=10^\circ\text{C}$ и волокна $u_{10}=15^\circ\text{C}$; радиус комка $r=0,35$ м.

Таблица 2

Изменения температуры относительно времени сушки

τ , сек	15	30	45	60	75	90	105	120	135
$u_1(\tau, r)$	12,733	15,369	17,724	19,858	21,814	23,625	25,313	26,896	28,389
$u_2(\tau, r)$	27,759	36,037	42,095	46,864	50,777	54,074	56,905	59,371	61,543
τ , сек	150	165	180	195	210	225	240	255	270
$u_1(\tau, r)$	29,804	31,148	32,430	33,656	34,831	35,960	37,046	38,093	39,104
$u_2(\tau, r)$	63,473	65,200	66,756	68,163	69,444	70,612	71,682	72,665	73,570
τ , сек	285	300	315	330	345	360			
$u_1(\tau, r)$	40,081	41,027	41,943	42,831	43,695	44,533			
$u_2(\tau, r)$	74,406	75,179	75,896	76,560	77,179	77,547			

В таблице 3 приведены результаты расчета относительно радиуса комка хлопка-сырца при температуре воздуха 100°C , начальной температурой 15°C и влажности $W_{H1}=19\%$, $W_{H2}=9\%$ семян и волокна соответственно. Время сушки 360 секунд.

Таблица 3

Изменения температуры относительно радиуса комка

R , м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$u_1(\tau, r)$	47,262	45,099	38,336	33,060	28,773	25,272	22,436
$u_2(\tau, r)$	69,549	64,478	55,947	49,165	43,389	38,348	33,897

Анализ результатов: Анализ результатов таблицы 2 показывает, что диаметр комка существенно влияет на интенсивность процесса сушки, т.е. с увеличением диаметра комка резко снижается темп нагрева семян и волокна. Перепад температуры в семенах по радиусу комка и перепад температуры между волокнами и семенами, находящимся на одинаковых расстояниях от поверхности комка очень большой, что приводит к неравномерной сушке компонентов хлопка-сырца. Для повышения темпа нагрева семян и достижения равномерности сушки необходимо организовать сушку хлопка-сырца в разрыхленном виде, т.е. по возможности уменьшить диаметр комка.

Ниже приведены экспериментальные и расчетные данные изменения температуры компонентов хлопка-сырца.

Таблица 4

Экспериментальные и расчетные данные изменения температуры компонентов хлопка-сырца

Диаметр комка $R=0,7$ м, температура воздуха 130°C , начальная влажность $17,4\%$; время сушки 360 сек.

Время сушки (сек.)	Температура семян		Температура волокна	
	экспериментальные	расчетные	экспериментальные	расчетные
0	10,0	10,0	10,0	10,0
15	26,0	29,0	37,0	39,5
30	34,0	35,2	42,0	40,0
45	46,0	45,7	45,0	49,0
60	52,0	53,1	60,0	54,0
90	64,0	63,4	90,0	72,0

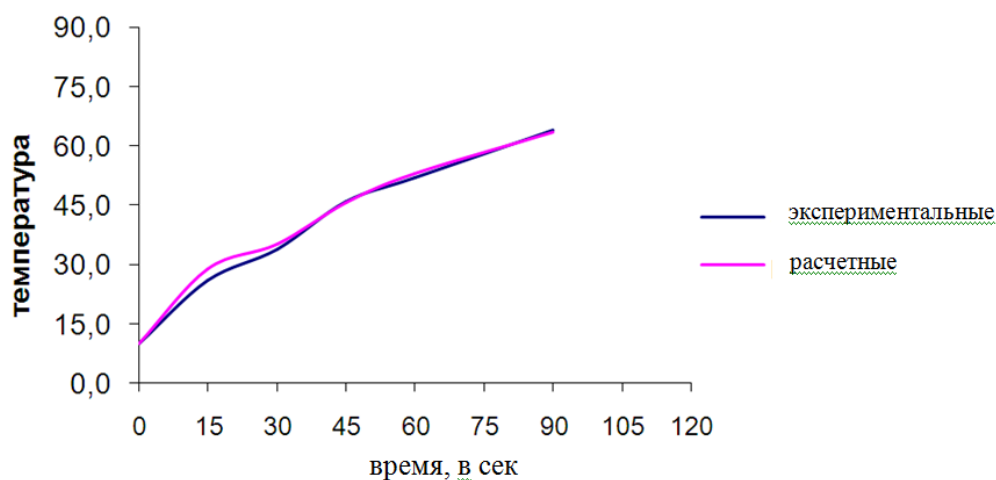


Рис.1. Изменение температуры семян

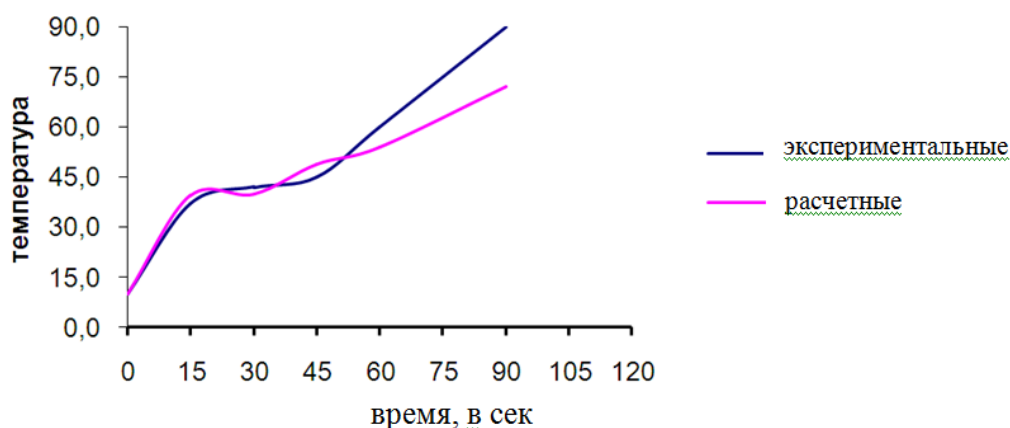


Рис.2. Изменение температуры волокна

Сравнительный анализ (рис.1 и рис.2) показывает, что погрешность расчетных и экспериментальных данных составляет не более 3-4% это даёт возможность анализировать темп нагрева волокна и семян в виде комка хлопка-сырца.

Выводы. Получены закономерности распространения тепла между волокнами и семенами при различных диаметрах комка хлопка-сырца, температуры сушильного агента и влажности хлопка-сырца в зависимости от интенсивности процесса сушки. Полученные результаты можно будет использовать при выборе оптимальных режимов сушки хлопка-сырца с целью максимального сохранения качества вследствие равномерности нагрева их компонентов.

Литература:

1. Parpiev A.P., Kayumov A.X., Pardayev X. Effect of temperature of steady heating components of cotton-seed at drying process//European science review, «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. №7-8, 2016, P.205-207.
2. Парпиев А.П., Каюмов А.Х., Пахтани қуритиш жараёнида қўлланиладиган температуранинг таҳлилий шарҳи // ФарПИ илмий-техника журнали, Фарғона, №1, 2017. Б. 39-34.
3. Парпиев А., Усмонкулов А., Очилов М. Изучение влияния влажности хлопка-сырца и его компонентов на коэффициента теплопроводности // Тўқимачилик муаммолари, №1.- 2016, - Б. 42-45.
4. Парпиев А.П., Б.М. Мордонов, А.Усманкулов «Тепло- и массообменные процессы в хлопке-сырце и его компонентов»: Монография. -Ташкент, «Фан ва технология», 2013, 186 с.